云 南 植 物 研 究 2001，**23**（4）：457～465
Acta Botanica Yunnanica

槭树科花粉形态及其系统学意义[※]

田 欣，金巧军，李德铢，韦仲新[※※]，徐廷志
（中国科学院昆明植物研究所，云南 昆明 650204）

摘要：报道了槭树科（Aceraceae）槭属 21 组 33 种和金钱槭属 2 种植物的花粉形态。本科花粉近球形至长球形，极面观为三裂圆形。从花粉萌发孔类型看，金钱槭属 *Dipteronia* 具三孔沟，槭属（*Acer*）除 4 组具三孔沟外，其余均为三沟。从花粉外壁纹饰看，金钱槭属 2 个种和槭属的大多数种为条纹状，罕为细条纹－拟网状和皱波状。通过花粉形态分析，并结合其它方面的证据，我们认为：（1）Sect. *Palmata*，Sect. *Spicata* 和 Sect. *Microcarpa* 可能是槭属中与金钱槭属关系最密切的类群；（2）*A*. *distalum* 和 *A*. *nipponicum* 代表了近缘的两个单种组；（3）*A*. *pseudoplatanus* 不同于 Sect. *Acer* 的其它 4 个种而与 *A*. *saccharum* 可能存在更为密切的关系；（4）Sect. *Carpinifolia*（细条纹－拟网状外壁纹饰）和 Sect. *Negundo*（皱波状外壁纹饰）则可能代表了槭属中最特化的类群；（5）按槭树科花粉三孔沟到三沟的演化规律，*Dipteronia* 较 *Acer* 原始。

关键词：花粉形态；槭树科；系统学意义
中图分类号：Q 944　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253－2700(2001)04－0457－15

Pollen Morphology of Aceraceae and Its Systematic Implication

TIAN Xin，JIN Qiao－Jun，LI De－Zhu，WEI Zhong－Xin，XU Ting－Zhi
(*Kunming Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming，650204，China)

Abstract：Pollen gains of 33 species in 21 sections of *Acer*，together with two species of *Dipteronia* were observed by light microscope (LM) and scanning electronic microscope (SEM). The shape of pollen grains in this family varies from subspheroidal to prolate in equatorial view and is 3－lobed circular in the poilar view. The aperture types of both species in Dipteronia are tricolporate. This type can also be found in 4 sections of *Acer*，but most species in *Acer* are tricolpate. As for the pollen exine sculpture，both species in Dipteronia and most spcies in Acer are striate，but two sections in *Acer* are finely striate－reticulatoid or regulate. By the studies of pollen morphology and other evidence，it is inferred that ：(1) Sect. Palmata，Sect. Spicata and Sect. Microcarpa may be the closest groups in *Acer* to *Dipteronia*；(2) *A*. *distalum* and *A*. *nipponicum* represent two related monotypic sections；(3) The pollen of *A*. *pseudoplatanus*，which is different from other four species in Sect. Acer，is similar to that of *A*. *saccharum*. It therefore indicates that these two species have a close relationship；(4) Sect. Carpinifolia ，which has finely striate－reticulatoid exine sculpture，and Sect. Negundo，which has regulate exine sculpture，may be the most specialized sec-

---

[※] 基金项目：国家杰出青年科学基金（编号 39725001）、中国科学院知识创新工程和中国科学院百人计划资助项目

[※※] 通讯作者

收稿日期：2000－09－11，2000－12－28 接受发表

作者简介：田欣（1976－）女，黑龙江人，在读博士研究生，主要从事植物分类学研究。

tions in *Acer*；(5) Variation from tricolporate to tricolpate is regarded as an evolutionary trend in Aceraceae. The genus *Dipteronia*，therefore，is more primitive than the genus *Acer*.

Key words：Pollen morphology；Aceraceae；Systematic implication

槭树科 Aceraceae 是一北温带分布的科，包括金钱槭属 *Dipteronia* Oliv. 和槭属 *Acer* L. 两个属共约 200 种。金钱槭属仅 2 种 1 变种，为我国特有，主要分布于西部及西南部各省（徐廷志，1996a）。Wolfe & Tanai（1987）通过化石证据的研究认为本属保留羽状复叶特征，是从早期的 *Bohlenia* 分化出来的，较槭属原始。槭属是槭树科的模式属，全世界约 200 种，主要分布于北半球温带地区，包括欧亚大陆和北美洲（徐廷志，1996a）。槭属的分类因其形态上变异较大，各学者所加权的性状不同而导致分类系统存在很大的争议。徐廷志（1996b）提出一个 4 亚属 23 组 33 系的分类系统，此系统是在对槭属植物芽、叶、花序、花和果实等形态特征研究的基础上，结合前人大量的工作提出的一个系统（包括 200 余种）。其组的划分与 Ogata（1967）系统相近，但包括种类更全；与 Gelderen 等（1994）的系统相比，徐系统中组的分类地位大体相当于其系的分类范畴，而 Gelderen 等人的系统中组的概念更为广义。分类上的分歧也给槭属系统发育和演化方面的研究带来一定的困难。许多分类学家（Pax，1902；Rehder，1949；Momotani，1962；Ogata，1967；Wolfe & Tanai，1987；徐廷志，1996b，1998；Hasebe 等，1998）从不同的角度出发，先后探讨了槭属的系统发育。

槭树科植物孢粉学研究多限于光镜的观察，电镜的观察研究甚少（Erdtmen，1952；几濑，1956；Huang，1972；王伏雄等，1997；曹伟等，1992）。王伏雄等（1997）在金钱槭属中观察到了具内孔的一个种（金钱槭），并以此区别于具有三沟型花粉的槭属。以上的观察研究均未就某一分类阶元进行系统论证。

我们在前人对槭树科分类系统和花粉形态研究的基础上，对该科 2 属 35 种（其中槭属 21 组 33 种）植物的花粉进行了光镜和扫描电镜的观察和分析，以期对槭树科尤其是槭属组间系统关系的研究提供孢粉学资料。

1 材料与方法

本研究取样主要根据徐廷志（1996b）系统，槭属材料分别取其组下 1 至数个代表种，共包括 21 个组 33 个种，以较充分体现本属内取样的代表性，以期为组间系统关系讨论提供更全面的孢粉学资料。金钱槭属作为槭属的姐妹群，其属下 2 个种的花粉都做了观察和分析。

本研究所用材料采自中国科学院昆明植物研究所标本馆（KUN）和英国爱丁堡皇家植物园标本馆（E）馆藏腊叶标本。详细资料见附录。

光学显微镜样品的制作和观察：花粉制备采用 Erdtmen（1952）醋酸酐分解法：搜集的花粉用冰醋酸浸泡→捣碎后过滤→醋酸酐：硫酸（9:1）混合液分解→离心后水洗和制片。在光学显微镜下观察花粉形状，萌发孔及外壁纹饰，测量花粉极轴和赤道轴的长度，取15 粒花粉平均值，以最小值至最大值表示变异幅度。花粉形态描述参考 Erdtmen（1969）和王伏雄等（1997）的标准进行。

扫描电镜样品制备和观察：经分解和水洗的花粉用30%～95%酒精逐级脱水，然后将酒精花粉混合液滴于样品台上，喷金镀膜后于Hitachi S－800型电镜下观察照相，照相时使用的加速电压为30 kV。

2　观察结果

本科花粉近球形至长球形。极面观为三裂圆形。极轴长18.6～47.2 μm，赤道轴长15.3～45.9 μm。金钱槭属具明显的三孔沟，外壁表面具规则的平行于极轴排列的条纹状纹饰。所观察槭属4组（Sect. Palmata、Sect. Microcarpa、Sect. Spicata和Sect. Macrantha）10种具三孔沟，其余各种为三沟。槭属花粉外壁纹饰多为条纹状，条纹排列规则或不规则，有2个组为细条纹－拟网状（Sect. Carpinifolia）和或皱波状（Sect. Negundo）。主要形态特征见表1和图版I～VI。

3　讨论

3.1　槭属植物花粉的研究中，三孔沟、三拟孔沟和三沟的萌发孔类型都有过报道（Erdtmen，1952；几濑，1956；Huang，1972；曹伟等，1992；王伏雄等，1997）。我们观察了21组33种槭属植物的花粉形态，发现Sect. Palmata、Sect. Microcarpa、Sect. Spicata和Sect. Macrantha 4组10种植物的花粉为三孔沟型，其余各组均为三沟型。Sect. Microcarpa的系统位置长期以来有很大争议，Ogata（1967），Gelderen（1994）等根据相似的叶形态、相同的芽鳞数将其作为Sect. Palmata的一个系处理；Pax（1902）和Rehder（1949）则根据穗状的圆锥花序等特征将其作为Sect. Spicata的一个系处理。根据我们的观察结果，这3组植物的花粉形态有很大的相似性，其外壁纹饰均为条纹状，且条纹平行排列较规则，与金钱槭属花粉的萌发孔类型及外壁纹饰接近，因而很有可能是槭属中与金钱槭属关系最近的类群，但三者之间的系统关系还有待于更多资料证据去论证。Sect. Macrantha内植物花粉虽也具三孔沟和条纹状纹饰，但条纹形态与前三组有明显区别：由*A. micranthum*→*A. wardii*→*A. pensylvanicum*→*A. davidii*，其条纹排列由平行到交错，趋向不规则。由此，结合其他形态上的特征（如冬芽有柄，鳞片镊合状排列等），我们支持将*A. wardii*作为Sect. Macrantha Ser. Micrantha下的一个种处理，而不赞同Gelderen等人（1994）将其独立为一个组的处理方式。

3.2　Ogata（1967）认为Sect. Acer、Sect. Goniocarpa和Sect. Saccharina存在许多形态上的相似性，表明这3组有着较密切的亲缘关系。Gelderen等（1994）则将这3组降为Sect. *Acer*下的3个系。我们观察到Sect. Acer和Sect. Goniocarpa组下5种植物的花粉均为三沟型，外壁纹饰为条纹状，除*A. pseudoplatanus*花粉条纹排列不规则外，其余4种花粉外壁条纹都平行排列，因此倾向于将*A. pseudoplatanus*提升为一单种组，这一观点也得到叶绿体DNA RFLP研究结果的支持（Hasebe等，1998）。同时，Sect. Saccharodendron（即Ogata系统的Sect. Saccharina）内的*A. saccharum*也显示出与*A. pseudoplatanus*极为相似的花粉形态特征：花粉粒较大，三沟型萌发孔，外壁条纹不显著、较粗且多分枝，排列极不规则。这也许暗示着两者之间有着更为密切的关系。

表1 槭树科植物花粉形态特征

Table 1 The morphological characters of pollen grains in Aceraceae

分类群 Taxon	花粉形状 Pollen Shape	花粉粒大小（μm） Pollen Size（μm）	萌发孔类型 Aperture	外壁纹饰 Exine Sculpture	图版 Plate
Dipteronia sinensis	长球形 prolate	（20.4–27.3）24 × 18.6（15.3–22.4）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	I：1–2
D. dyerana	近球形 subspheroidal	（19.1–25.5）22.5 × 21.4（19.4–22.4）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	I：3–4
Acer robustum	长球形 prolate	（28.1–34.4）30.1 × 25（20.4–31.1）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	I：5–6
A. palmatum	近球形 subspheroidal	（28.1–30.6）29.4 × 26.6（24–29.6）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	I：7–9
A. heptalobum	长球形 prolate	（25.5–31.9）28.8 × 23.8（20.4–28）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	I：10–11
A. sinense	近球形 subspheroidal	（25.5–29.3）27.4 × 24.6（21.7–26）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	I：12 II：1
A. tutcheri	近球形 subspheroidal	（24.7–28.6）26.9 × 24.6（20.9–26.8）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	II：2–3
A. wardii	长球形 prolate	（25.8–30.1）27.9 × 23.9（23–25.8）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹基本平行排列，部分倾斜排列 striate，striae mainly parallel each other but a part arranged obliquely	II：4–5
A. ukurunduense	近球形 subspheroidal	（25.5–28.6）26.9 × 25（23–26.8）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹基本平行排列 striate，striae mainly parallel each other	II：6–7
A. micranthum	近球形 subspheroidal	（19.1–25.5）21.3 × 22.2（20.7–24.2）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹较粗且平行排列 striate，striae thick and parallel each other	II：8–9
A. pensylvanicum	长球形 prolate	（23.5–32.6）28 × 22.8（20.7–25.5）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹排列不规则 striate，striae arranged irregularly	II：10–11
A. davidii	长球形 prolate	（23.5–26.8）25.1 × 20.2（16.6–26）	三孔沟 3–colporate	条纹状，条纹排列不规则 striate，striae arranged irregularly	II：12 III：1
A. franchetii	长球形 prolate	（25.5–30.6）28.3 × 22.1（21.5 –38.1）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	III：2–3
A. ginnala	圆球形 spheroidal	直径 24.8 （17.9–29.3）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹排列较不规则 striate，striae irregular arrangement slightly	III：4–5
A. mono	长球形 prolate	（31.9–38.3）34.5 × 28.1（25.5–31.9）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	III：6–7
A. platanoides	近球形 subspheroidal	（28.1–33.2）29.8 × 31.5（28.1–35.7）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	III：8–9
A. nikoense	长球形 prolate	（31.4–44.1）41 × 28.6（23.2–37）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	III：10–11
A. mandshuricum	近球形 subspheroidal	（29.3–33.9）30.9 × 32.3（30.4–34.9）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹排列较不规则 striate，striae irregular arrangement slightly	III：12 IV：1
A. crassum	近球形 subspheroidal	（26.8–35.7）30.5 × 28.9（24.7–33.2）	三沟 3–colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	IV：2–3

续表 1（Continued）

分类群 Taxon	花粉形状 Pollen Shape	花粉粒大小（μm） Pollen Size（μm）	萌发孔类型 Aperture	外壁纹饰 Exine Sculpture	图版 Plate
A. buergerianum	圆球形 spheroidal	直径 26 （23.2 – 28.6）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	IV：4 – 6
A. pentaphyllum	近球形 subspheroidal	（25.5 – 31.9）28.4 × 25.5（23 – 30.6）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	IV：7 – 8
A. caesium ssp. *giraldii*	圆球形 spheroidal	直径 30.9 （25.5 – 34.4）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	IV：9 – 10
A. pseudo – platanus	近球形 subspheroidal	40.7（37 – 45.9） ×（30.6 – 42.1）34	三沟 3 – colpate	粗条纹状，条纹排列极不规则 roughly striate，striae arranged very irregularly	IV：11 – 12
A. hyrcanum	长球形 prolate	（31.4 – 37）34.6 × 29.6（28.1 – 33.2）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	V：1 – 2
A. monspessulanum	近球形 subspheroidal	（33.2 – 38.3）35.7 × 34.8（30.6 – 38.3）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	V：3 – 4
A. opalus	近球形 subspheroidal	（29.3 – 37）33.7 × 32.4（29.3 – 37）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列 striate，striae parallel each other	V：5 – 6
A. stachyophyllum	近球形 subspheroidal	（27.5 – 34.4）31.6 × 28.6（25.5 – 30.6）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹基本平行排列，稍弯曲 striate，striae mainly parallel each other，slightly curved	V：7 – 8
A. distylum	圆球形 spheroidal	直径 24 （20.9 – 26.8）	三沟 3 – colpate	条纹状，基本平行排列但在花粉粒两端排列不规则 striate，striae mainly parallel each other but irregular in both ends of pollen	V：9 – 10
A. nipponicum	近球形 subspheroidal	（21.7 – 27）23.7 × 22（20.4 – 24.2）	三沟 3 – colpate	条纹状，基本平行排列但在花粉粒两端排列不规则 striate，striae mainly parallel each other but irregular in both ends of pollen	V：11 – 12
A. macrophyllum	近球形 subspheroidal	（34.4 – 47.2）39.5 × 36（30.6 – 40.8）	三沟 3 – colpate	细条纹状，基本平行排列但在花粉粒两端排列不规则 finely striate，striae mainly parallel each other but irregular in both ends of pollen	VI：1 – 2
A. rubrum	近球形 subspheroidal	（30.4 – 35.4）33.7 × 34.4（27.8 – 38）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹排列不规则 striate，striae arranged irregularly	VI：3
A. saccharum	近球形 subspheroidal	（30.6 – 40.8）38.3 × 35（25.5 – 40.8）	三沟 3 – colpate	粗条纹状，条纹排列极不规则 roughly striate，striae arranged very irregularly	VI：4 – 5
A. carpinifolium	圆球形 spheroidal	直径 26.5 （16.6 – 32.4）	三沟 3 – colpate	细条纹 – 拟网状 finely striate – reticulate	VI：6 – 8
A. henryi	近球形 subspheroidal	（18.6 – 21.7）20 × 18（15.3 – 20.4）	三沟 3 – colpate	条纹状，条纹平行排列，稍弯曲 striate，striae parallel each other，slightly curved	VI：9 – 10
A. negundo	圆球形 spheroidal	直径 26.9 （23.5 – 28.6）	三沟 3 – colpate	皱波状 regulate	VI：11 – 12

3.3 *A. distylum* 和 *A. nipponicum* 的系统位置在不同作者间有很大的争议。Ogata（1967）、Murray（1970）和徐廷志（1996b）将这两个种分别提升为两个不同的组；Gelderen（1994）把它们分别置于 Sect. Parviflora 的两个系：Ser. Parviflora 和 Ser. Distyla；Momotani（1962）则将两者同置于 Sect. Spicata，Ser. Parviflora。从形态上看，这两个种具有很多相似性，如子叶折叠，叶表皮具粘液，小坚果凸出及类似的内果皮形态（Momotani，1962；Ogata，1967；Tanai，1978；Mai，1984）。这些都表明两者之间有着较为密切的关系。从分子方面的证据来看，叶绿体 DNA RFLP 分析（Hasebe 等，1998）和核 DNA ITS 序列分析（Suh 等，2000）支持两者间为姐妹群关系。根据我们的观察，这两个种的花粉形态也很相似：花粉粒大小相近，外壁纹饰为较密集的条纹状（条纹间隙小），且条纹在花粉粒的赤道面基本平行排列，在极面不规则排列。这为两者间的近缘关系提供了孢粉学证据。考虑到 *A. distylum* 和 *A. nipponicum* 在花盘形状、木射线类型等方面的差异，我们认为将这两个种作为近缘的两个单种组处理较为合适。另外，从花粉形态上似乎很难支持这两个种与 Sect. Spicata（三孔沟）之间的关系，且在分子、形态分析上也缺乏充分的证据。所以，我们不支持 Momotani（1962）和 Gelderen（1994）将这两个种并入 Sect. Spicata 的做法。

3.4 Sect. Carpinifolia 因其羽状脉叶、极宽的木射线类型等特征明显区别于槭属的其它各种；Sect. *Negundo* 因其雌花为侧生的下垂的总状花序，雄花为侧生的下垂的聚伞花序，花瓣和花盘缺失等特征明显区别于槭属的其它各种。Momotani（1962）根据槭属植物种子蛋白成分分析，将 Sect. Carpinifolia 和 Sect. Negundo 分别提升为平行于 *Acer* 的两个亚属 Subgen. *Carpinifolia* 和 Subgen. *Negundo*（包括 Ser. *Negundo* 和 Ser. *Cissifolia* 两个系）。徐廷志（1996b）根据形态分析，将这两个组及 Sect. Arguta 分别提升到平行于 *Acer* 的 3 个亚属 Subgen. *Carpinifolia*、Subgen. *Negundo*（包括 Sect. Negundo、Sect. Cissifolia 和 Sect. Emeriensia 3 个组）和 Subgen. *Arguta*。在我们的观察中可明显地看到：Sect. Carpinifolia（细条纹－拟网状外壁纹饰）和 Sect. Negundo（皱波状外壁纹饰）与本属的其它各组的花粉外壁纹饰有明显的区别，纹饰结构更为复杂。而 Sect. Arguta 和 *A. henry*（属 Sect. Cissifolia）的花粉形态与槭属的大多数种类的花粉形态则无显著区别。孢粉学的研究表明 Sect. Carpinifolia 和 Sect. Negundo 可能是槭属中最为特化的类群。而 Sect. Cissifolia 和 Sect. Arguta 作为不同亚属下的分类群，其特异性在花粉观察中则未能得到很好的支持。

3.5 槭树科常被置于无患子目 Sapindales（Cronquist，1988；Dahlgren，1989；Takhtajan，1997）。分子系统学 *rbc*L 序列分析结果显示：本科与七叶树科 Hippocastanaceae 和无患子科 Sapindaceae 关系密切（Gadek 等，1996；Fay 等，1998）。Thorne（1992），APG（1998）则将本科直接置于无患子科内。根据化石研究，Wolfe 和 Tanai（1987）认为金钱槭属保留羽状复叶的特征，是从早期的 *Bohlenia*（属 Sapindaceae）分化出来的，较槭属原始。在我们对本科植物花粉的观察中，金钱槭属的 2 个种都为三孔沟型，槭属植物花粉也具三孔沟但多为三沟型。比较七叶树科和无患子科花粉形态（Muller & Leenhouts，1976；王伏雄等，1997），两科植物花粉大多为三孔沟型（无患子科少数为三孔型），与金钱槭属基本相同。尽管在大多数植物中，花粉的一般演化趋势是从三沟到三孔沟，但在本科中三孔沟孔的消失（三沟型）被认为是进化的表现（Wolfe & Tanai，1987）。因此，花粉形态特征支持金钱槭属较槭属原始的观点。槭属中花粉具有三孔沟、与金钱槭属关系较近的 3 组（Sect.

Palmata、Sect. *Microcarpa* 和 Sect. *Spicata*）可能是槭属中的原始类群。这与 Ogata（1976），Wolfe & Tanai（1987），Hasebe 等（1998），徐廷志（1998）等人从不同角度出发得出的结论较为一致。同时，这 3 组都集中分布于东亚，其花粉形态特征也支持了 Pax（1902），Pojarkova（1933），徐廷志（1998）等人关于槭属植物东亚起源的观点。

致谢　承蒙中国科学院昆明植物研究所标本馆（KUN）和英国爱丁堡皇家植物园标本馆（E）提供部分花粉材料，中国科学院植物研究所肖荫厚高级工程师、席以珍研究员指导并协助进行扫描电镜观察和照相。

附录（Appendix）

Genus *Dipteronia*

D. *sinensis* Oliv. 贵州梵净山，朱太平、刘忠福 409

D. *dyerana* Henry 云南文山县老君山，冯国楣 22218

Genus *Acer*

Sect. *Palmata*

A. *robustum* Pax 四川峨眉山，Sun S L 1787

A. *palmatum* Thunb. 浙江杭州玉泉，杭州市植物园 2013

Sect. *Microcarpa*

A. *heptalobum* Diels 云南福贡县，青藏队 7007

A. *sinense* Pax 贵州雷山，简焯波等 50632

A. *tutcheri* Duthie 广东信宜花楼山，黄志 31773

Sect. *Spicata*

A. *ukurunduense* Trautv. & Meyer Hokkaido，Japan，Murata G，Koyama H & Yahara T

Sect. *Macrantha*

A. *wardii* W. W. Sm. 西藏，Forrest G 21645

A. *micranthum* Siebold & Zucc. Honshu，Japan，Hotta M 14871

A. *pensylvanicum* L. Chattahoochee Area，Union County，U. S. A.，Utech F H etc. 82－042

A. *davidii* Franch. 云南维西县，青藏队 6339

Sect. *Lithocarpa*

A. *franchetii* Pax 云南维西县，冯国楣 3954

Sect. *Ginnala*

A. *ginnala* Maxim. 黑龙江带岭北山，王战等 4141

Sect. *Platanoidea*

A. *mono Maxim*. 河北兴隆县，刘瑛 15271

A. *platanoides* L. Hancock County，Virginia，U. S. A，Boufford D E 21897

Sect. *Trifoliata*

A. *nikoense* Maxim. 陕西华山南峰，西北生物土壤所植物系 276

A. *mandshuricum* Maxim. Volkova E & Ivanina L 6922

Sect. *Integrifolia*

A. *crassum* Hu et Cheng 云南广南县，Wang C W 879

A. *buergerianum* Miq. 江苏苏州灵岩山，凌萃萃 95

Sect. *Pentaphylla*

A. *pentaphyllum* Diels 四川木里县，Yu T T 6359

Sect. *Acer*

A. *caesium* ssp. *giraldii*（Pax）Murray 云南中甸至安南途中，Feng 937

A. *pseudoplatanus* L. 美国，吴征镒 2

Sect. *Goniocarpa*

A. *hyrcanum* Fisch. & Mey. Greuter W R 16050

A. *monspessulanum* L. Tommasini M

A. *opalus* Mill. Prov. Di Firenze，Italy，Fiori A 313

Sect. *Arguta*

A. *stachyophyllum* Hiern 云南丽江玉龙雪山，Yu T T 15001

Sect. *Distyla*

A. *distylum* Siebold & Zucc. Azegata，Japan，Boufford D E，Wood E W & Murata J 25443

Sect. *Parviflora*

A. *nipponicum* Hara Honshu，Japan，Ohashi H etc.

Sect. *Macrophylla*

A. *macrophyllum* Pursh 美国加州，Bartholomew B 2129

Sect. *Rubra*

A. *rubrum* L. 美国纽约植物园，Nee M

Sect. *Saccharodendron*

A. *saccharum* Marsh. Wisconsin Dane County，U. S. A.，Laurie S Weiss 18

Sect. *Carpinifolia*

A. *carpinifolium* Siebold & Zucc. Honshu，Japan，Murata J 10981

Sect. *Cissifolia*

A. *henryi* Pax 云南广南县，Wang C W 87382

Sect. *Negundo*

A. *negundo* L. Wisconsin，U. S. A，Nee M 16714

〔参考文献〕

几濑マサ，1956. 木本植物の花粉［M］. 东京广川书店，101—102

王伏雄，1997. 中国植物花粉形态（第2版）［M］. 北京：科学出版社，54—55

徐廷志，1996a. 槭树科的地理分布［J］. 云南植物研究，**18**（1）：43—50

徐廷志，1996b. 槭属的一个系统［J］. 云南植物研究，**18**（3）：277—292

徐廷志，1998. 槭属的系统演化与地理分布［J］. 云南植物研究，**20**（4）：383—393

曹伟、卓丽环、黄普华等，1992. 东北槭属的花粉形态及其在分类上的意义［J］. 植物研究，**12**（3）：309—315

Cronquist A，1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants，2nd ed.［M］. New York：The New York Botanical Garden.

Dahlgren R，1989. The last Dahlgrenogram，system of classification of the dicoty ledons. In K. Tan（ed.），The Davis and Hedge Festschrift：Plant Taxonomy，Phytogeography and Related Subjects［M］；Edinburgh：Edinburgh Univ Press，249—260

Erdtmen G，1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms［M］. Almqvist & Wiksells，Stockholm，32—33

Erdtmen G，1969. Handbook of Palynology［M］. Copenhagen：Mumksgaard.

Fay M F，Bayer C，Alverson W S，*et al*，1998. Plastid rbcL sequence data indicate a close affinity between Diegedendron and Bixa［J］. *Taxon*，**47**（1）：43—50

Gadek P A，Fernando E S，Quinn C J，*et al*，1996. Sapindales：Molecular delimitation and infraordinal groups［J］. *Amer J Bot*，**83**（6）：802—811

Gelderen D M van，Jong P C de，Oterdoom H J，1994. Maples of the World［M］. Porland：Timber Press.

Hasebe M，Toshio A，Kunio I，1998. Intrageneric relationships of maple trees based on the chloroplast DNA restriction fragment length polymorphisms［J］. *J Plant Res*，**111**：441—451

Huang T-C，1972. Pollen Flora of Taiwan [M]. National Taiwan University Botany Department Press，50—51

May D H，1984. Die Endokaipien bei der Gattung *Acer* L.（Aceraceae）- Eine biosystematische Studie [J]. *Gleditschia*，**11**：17—46

Momotani Y，1962. Taxonomic study of the genus *Acer*，with special reference to the seed proteins. III. System of Aceraceae [J]. *Mem Coll Sci Univ Kyoto ser*. B，**29**：177—189

Muller J，Leenhouts P W，1976. A general survey of pollen types in Sapindaceae in relation to taxonomy [J]. *Linn Soc Symp ser*. **1**：407—445

Murray E，1970. A Monograph of the *Acer* [R]. Ph. D. dissertation，Pennsylvania State University

Ogata K，1967. A systematic study of the genus *Acer* [J]. *Bull Tokyo Univ Forests*，**63**：89—206

Pax F，1902. Aceraceae [M]. Engler，Pflanzenreich IV，**163**：1—89

Pojarkova A Z，1933. Botanico-geographical survey of the maples in USSR in connection with the history of the whole genus *Acer* L. [J]. *Acta Inst Bot Acad Sci USSR ser*，*I*，**1**：225—374

Rehder A，1949. Aceraceae [M]. Bibliography of Cultivated Trees and Shrubs，422—429

Suh Y，Heo K，Park C W，2000. Phylogenetic relationships of maples（*Acer* L.；Aceraceae）implied by nuclear ribosomal ITS sequences [J]. *J Plant Res*，**113**：193—202

Takhtajan A L，1997. Diversity and Classification of Flowering Plants [M]. New York：Columbia Univ Press

Tanai T，1978. Taxonamical investigation of the living species of the genus Acer L.，based on vein architecture of leaves [J]. *J Fac Sci Hokkaido Imp Univ ser*. 4，*Geol*，**18**：243—282

The Angiosperm Phylogeny Group（APG），1998. An ordinal classification for the families of flowering plants [J]. *Ann Missouri Bot Gard*，**85**（4）：531—553

Thorne R F，1992. An updated phylogenetic classification of the flowering plants [J]. *Aliso*，**13**：365—389

Wolfe J A，Tanai T，1987. Systematics，phylogeny and distribution of *Acer*（maples）in the Cenozoic of Western North America [J]. *J Fac Sci*，*Hokkaido Univ ser*. *IV*，**22**（1）：1—246

图版说明（Explanation of Plates）

Plate Ⅰ. 1-2：*Dipteronia*. *sinensis*，3-4：*D*. *dyerana*，5-6：*Acer robustum*，7-9：*A*. *palmatum*，10-11：*A*. *heptalobum*，12：*A*. *sinense*. 1-4：× 3，000，5-7，9-12：× 1 800，8：× 6 000.

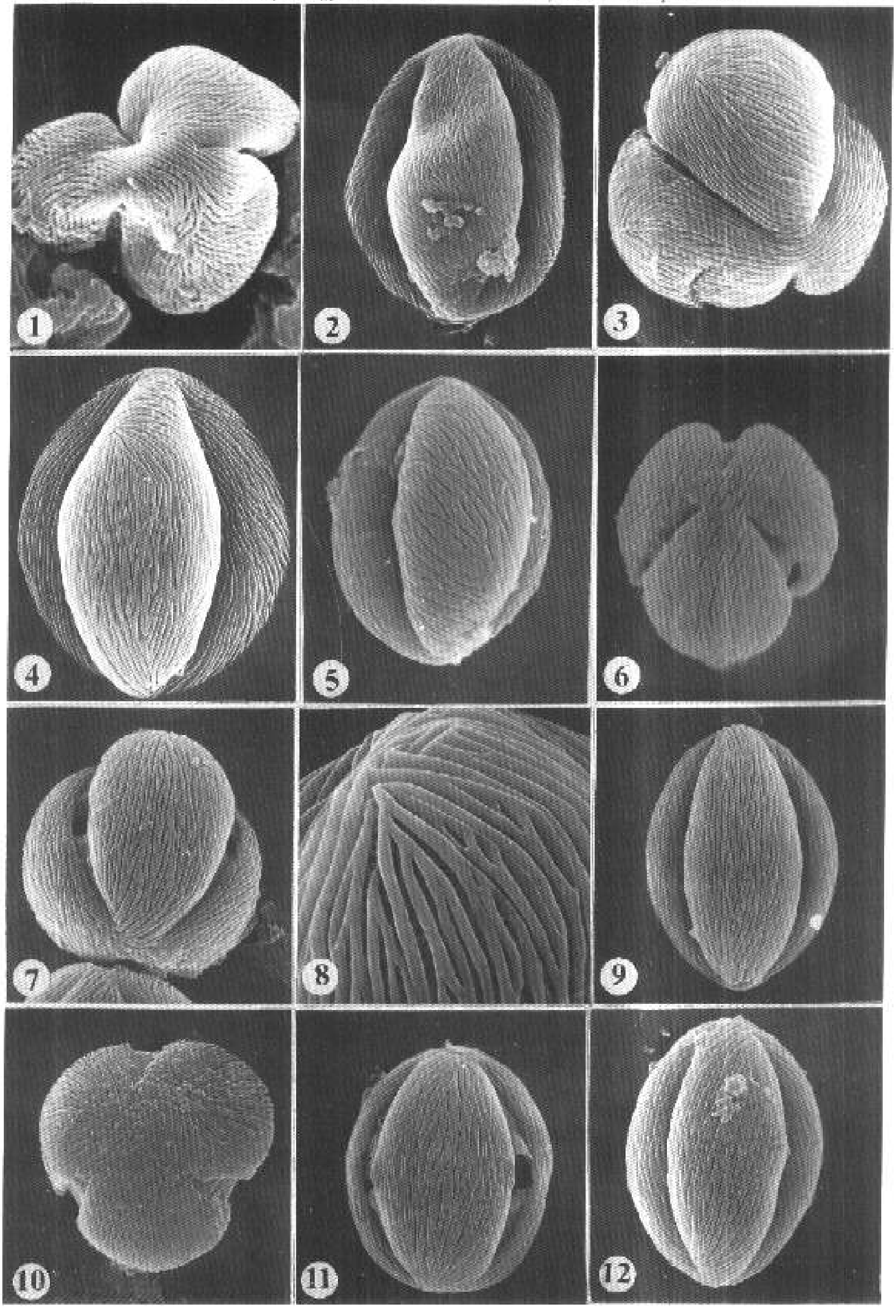
Plate Ⅱ. 1：*A*. *sinense*，2-3：*A*. *tutcheri*，4-5：*A*. *wardii*，6-7：*A*. *ukurunduense*，8-9：*A*. *micranthum*，10-11：*A*. *pensylvanicum*，12：*A*. *davidii*. 1-2，12：× 1 500，3-5，7-8，11：× 1 800，6：× 6 000，9-10：× 1 500.

Plate Ⅲ. 1：*A*. *davidii*，2-3：*A*. *franchetii*，4-5：*A*. *ginalla*，6-7：*A*. *mono*，8-9：*A*. *platanoides*，10-11：*A*. *nikoense*，12：*A*. *mandshuricum*. 1，4，7-8，10-11：× 1 800，2：× 3 000，3：× 2 100，5：× 6 000，6，9，12：× 1 500，8：× 1 320.

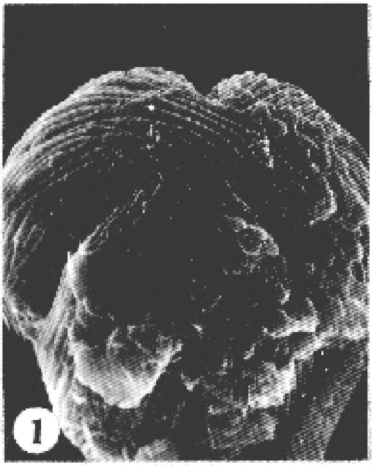
Plate Ⅳ. 1：*A*. *mandshuricum*，2-3：*A*. *crassum*，4-6：*A*. *buergerianum*，7-8：*A*. *pentaphyllum*，9-10：*A*. *caesium ssp*. *giraldii*，11-12：*A*. *pseudoplatanus*. 1，12：× 1 500，2-5，7-8，11-12：× 1 800，6：× 6 000，9-10：× 1 320.

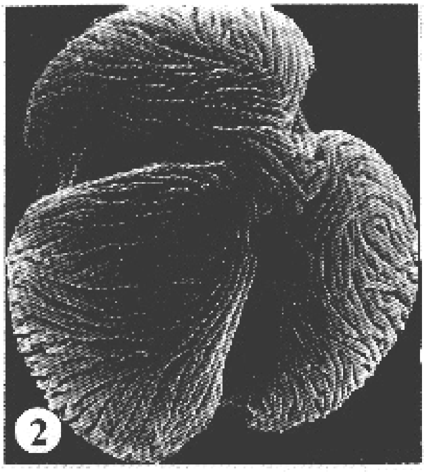
Plate Ⅴ. 1-2：*A*. *hyrcanum*，3-4：*A*. *monspessulanum*，5-6：*A*. *opalus*，7-8：*A*. *stachyophyllum*，9-10：*A*. *distylum*，11-12：*A*. *nipponicum*. 1，3，5，7-10：× 1 800，2，4，6：× 1 500，11-12：× 3 000.

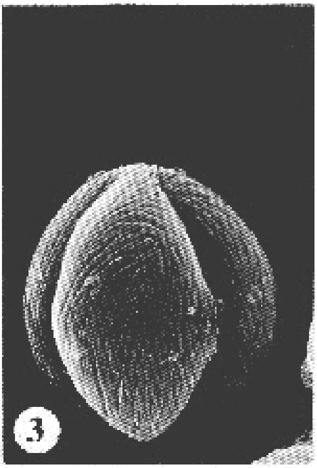
Plate Ⅵ. 1-2：*A*. *macrophyllum*，3：*A*. *rubrum*，4-5：*A*. *saccharum*，6-8：*A*. *carpinifolia*，9-10：*A*. *henryi*，11-12：*A*. *negundo*. 1-2，4：× 1 500，3，5，7-8，11-12：× 1 800，6：× 6 000，9-10：× 3 000.

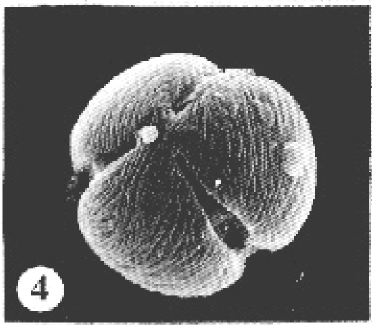


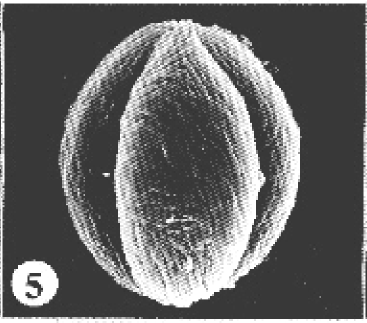
See explanation at the end of text

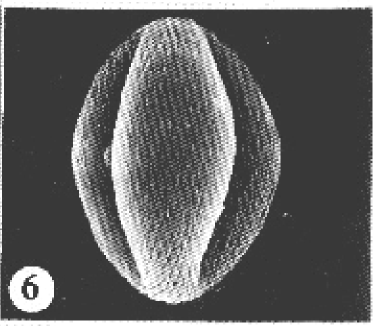

1

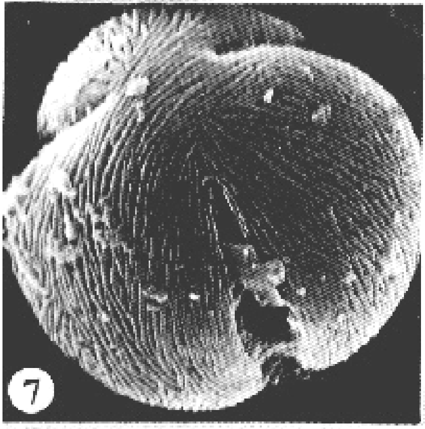

2

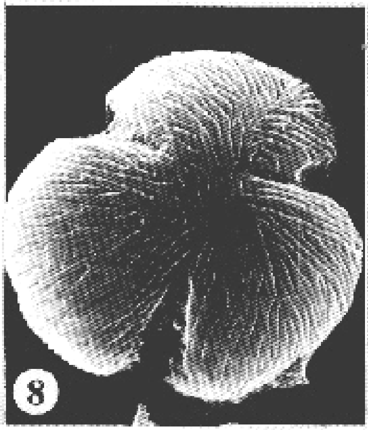

3

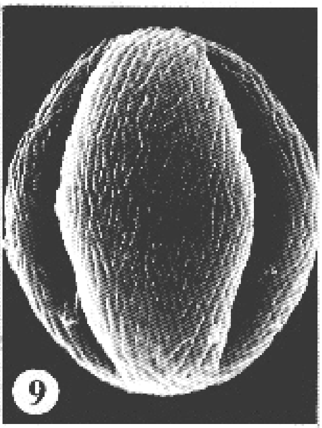

4

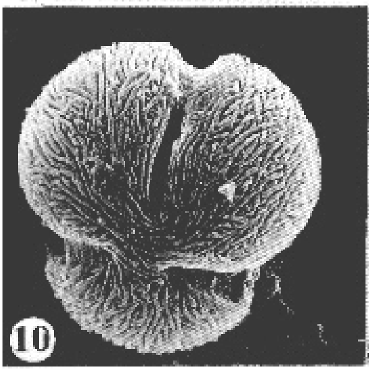

5

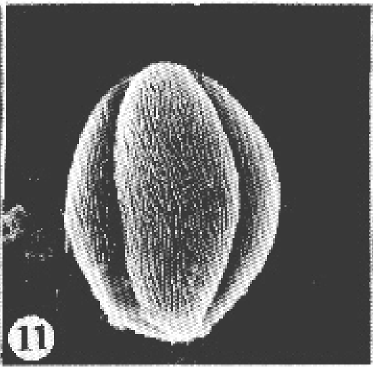

6

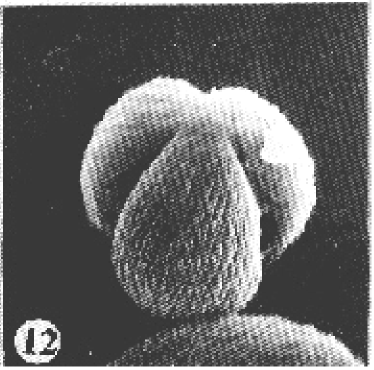

7


8

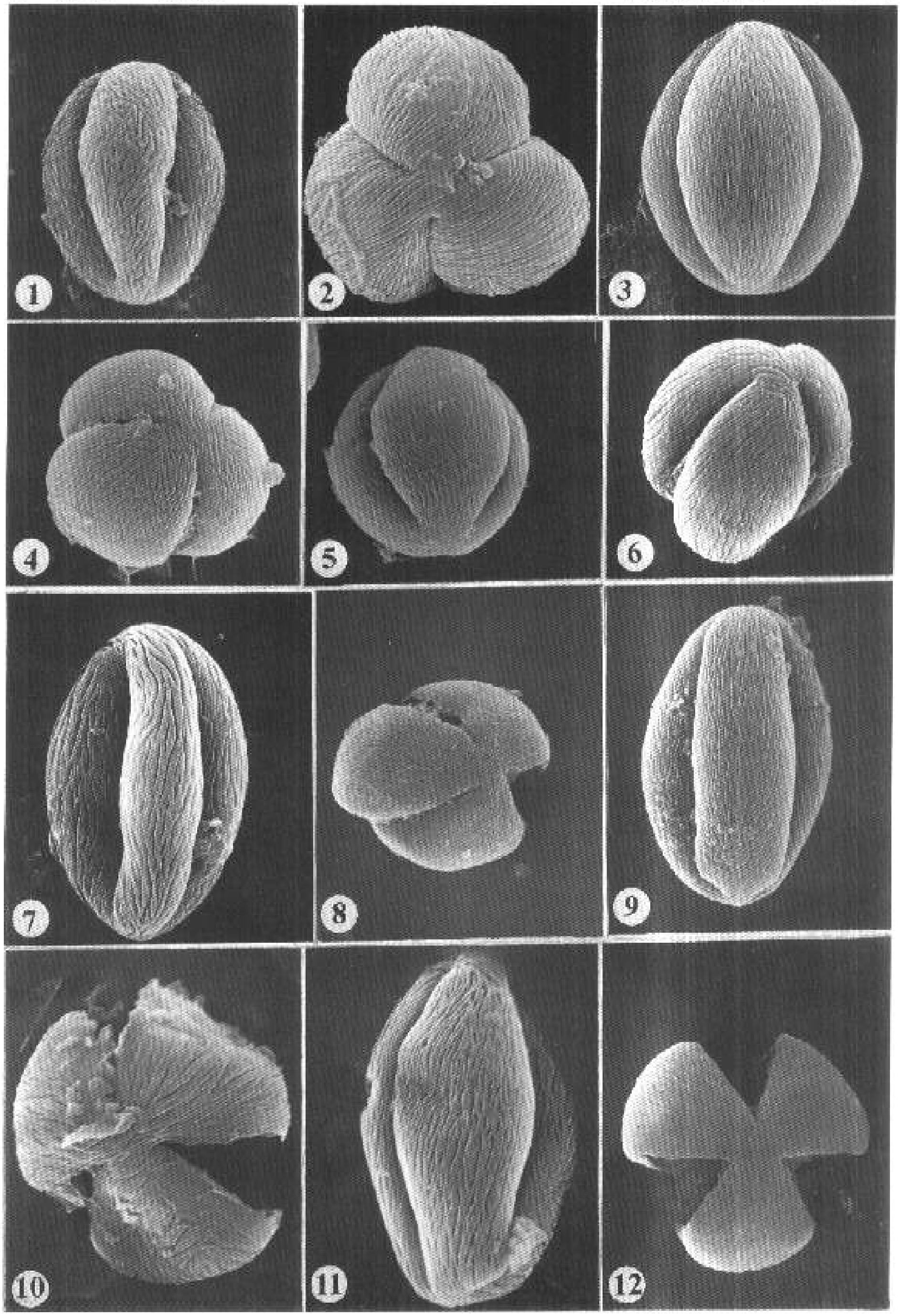

9


10

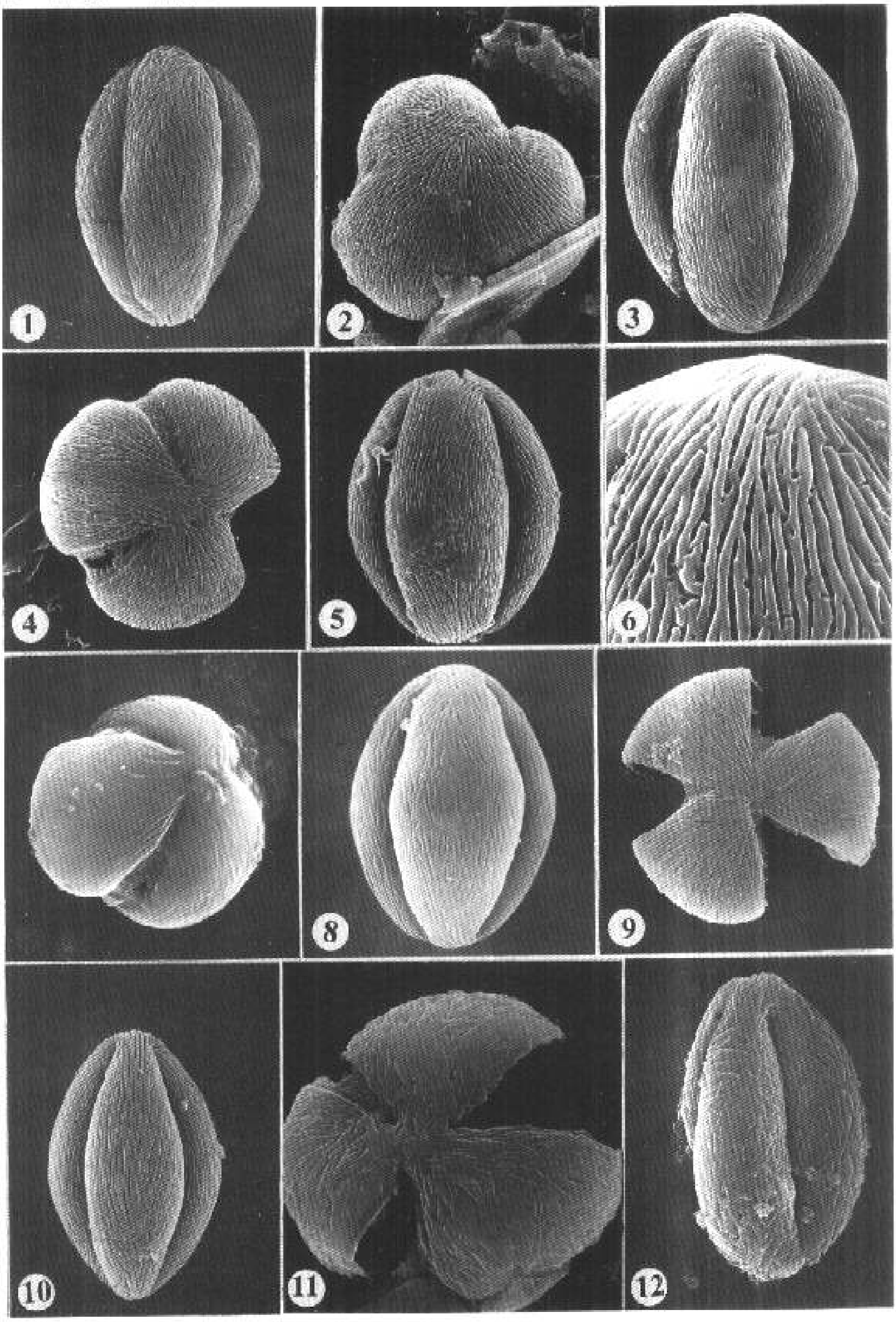

11


12

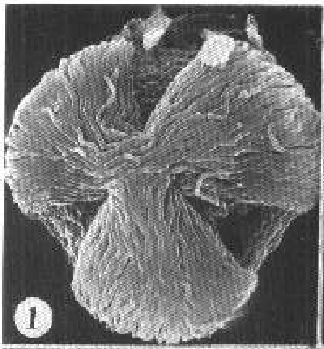
See explanation at the end of text

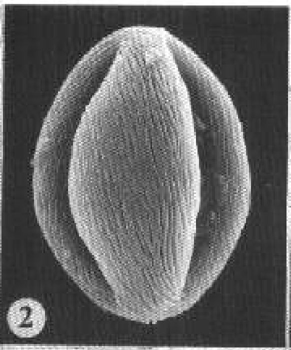


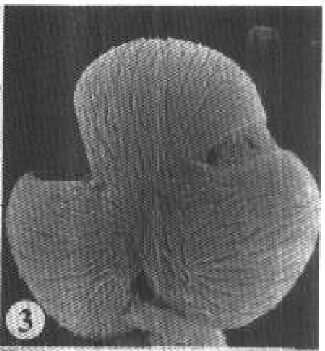
See explanation at the end of text

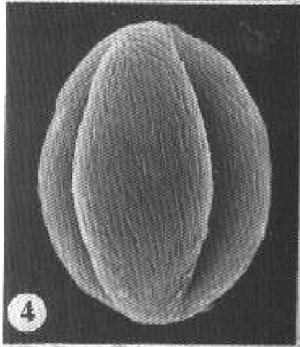


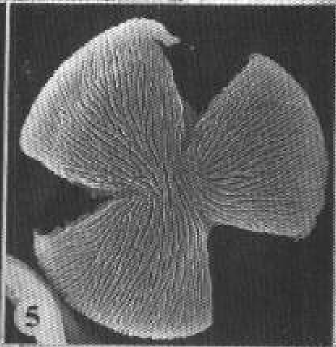
See explanation at the end of text

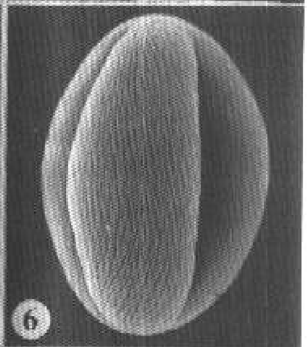

1

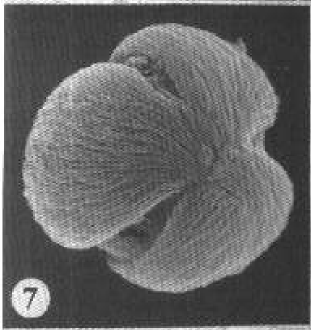

2

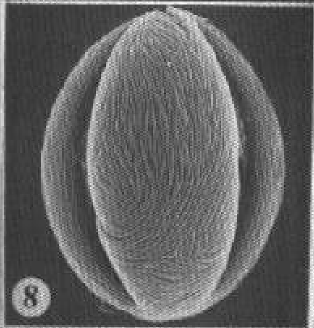

3

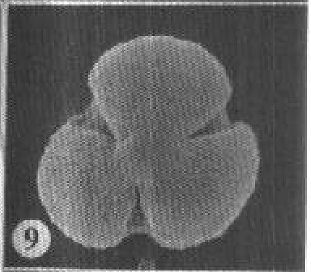

4

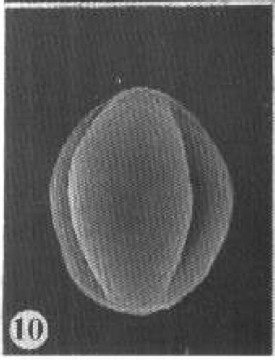

5

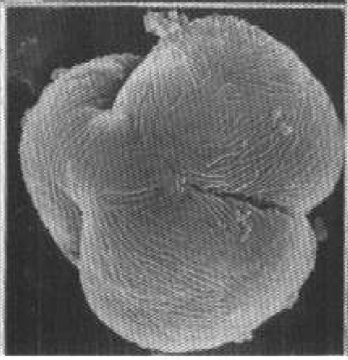

6

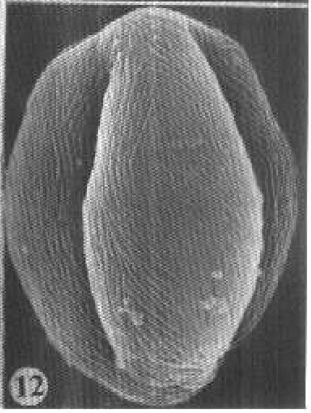

7


8

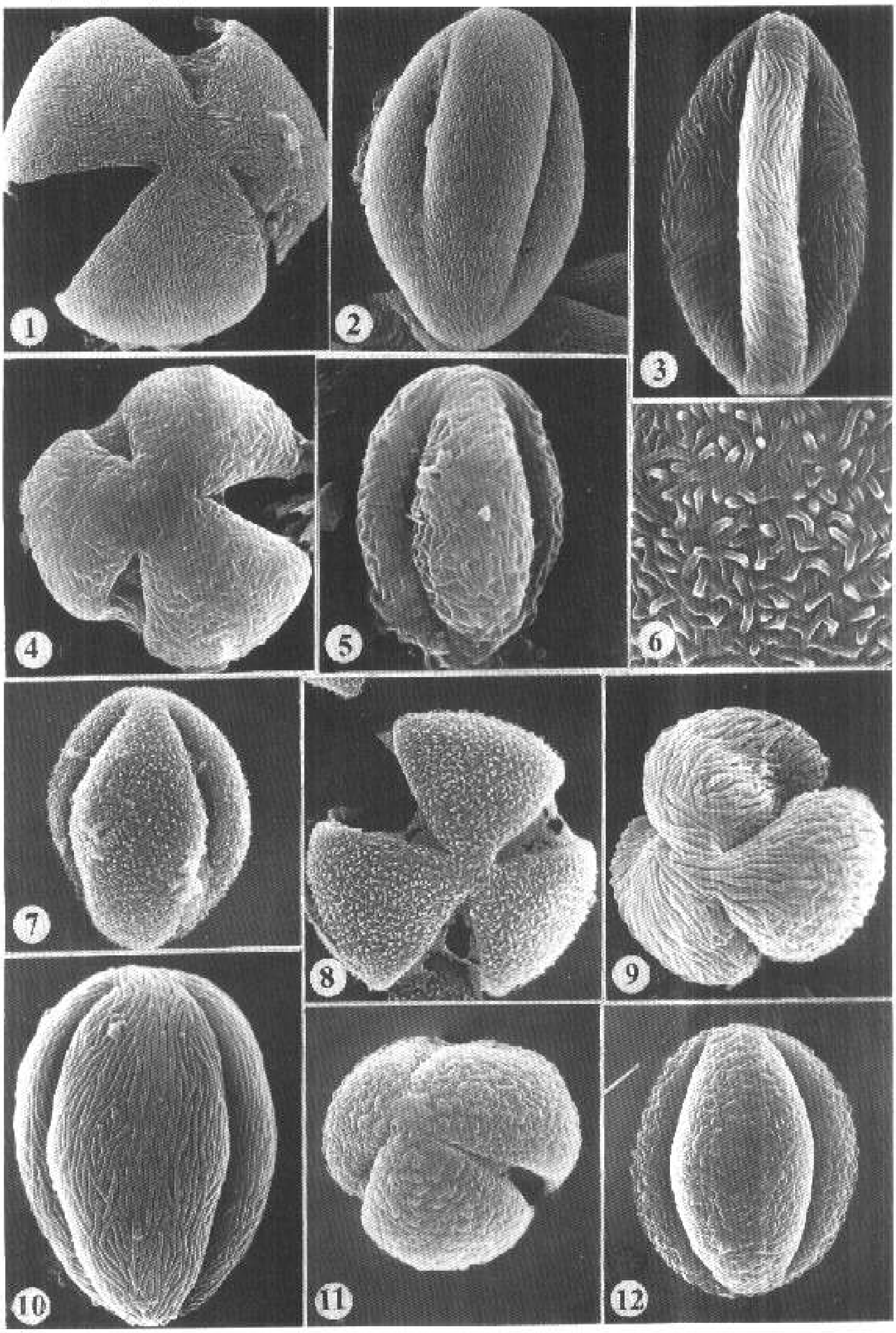

9


10




12

See explanation at the end of text



See explanation at the end of text